

東北電力株式会社 納
高速切替形 12Gc 多重電話送受信装置
Multi-Channel Carrier Telephone Terminal Equipment for Highspeed
Changeover Type 12 Gc Microwave Radio System

竹下 信也* 黒井 充男** 松井 伸崇***
Shinya Takeshita Mitsuo Kuroi Nobutaka Matsui
藤原 宏*** 斎藤 篤雄***
Hiroshi Fujiwara Atsuo Saitô

内 容 梗 概

最近、12 Gc 帯の多重電話通信装置が広く利用されようとしているすう勢にあり、日立製作所ではすでに UXFT-011 形をトランジスタ化して完成、実動に供しているが、さらに電話以外の信号伝送も可能ならしめる高速切替形のトランジスタ化 12 Gc 多重無線送受信装置 UXFT-013 形を、このほど日立製全トランジスタ化 MT 形搬送端局とともに東北電力株式会社に納入し、昭和 37 年 11 月竣工、稼動状態にはいつている。この装置は日立製クライストロン 12 V 20 以外は一切真空管を使用せず、すべて日立トランジスタによって回路を構成、しかも、導波管切替器としては、他社に先がけて開発した 12 Gc 帯のフェライトスイッチを用いて、現用機予備機の切替時間を格段と短縮したものである。回線容量は 72 通話路の検波中継形送受信装置で、本文では、特に、12 Gc 帯の湿雪による伝搬上の問題、2 方向同一周波数ビーム給電方式、高速切替系の構成について述べ、さらに各部の性能試験結果についても記述する。

1. 緒 言

最近、トランジスタの高周波における性能が急速に進歩し、従来真空管で構成されていた高周波電気回路をトランジスタで実現できるようになり、装置の安定度の向上、消費電力の節減、装置の小形化、保守の簡易化などの利点から無線機のトランジスタ化が各方面で活発に行なわれるようになった。

日立製作所はかねてからこの点に着目して鋭意研究開発をすすめ、クライストロンを除くいっさいを半導体化した 12 Gc 帯 60 通話路容量マイクロ波多重通信送受信機 UXFT-011 形装置⁽¹⁾⁽²⁾を他社にさがけて完成し、さる昭和 36 年 7 月、阪神電鉄株式会社に納入した。

ここに述べる UXFT-013 形装置は、UXFT-011 形を基本として、現用、予備機の切替時間を 10 ms 以下におさえ、各種の信号伝送を行なえるように改良を加えたトランジスタ化無線機である。

東北電力株式会社は新潟火力発電所、および新潟火力発電所—中新潟変電所間 154 kV 送電線の新設に際し、これらの給電指令、電力施設保守用電話、テレメータ、スーパービジョン、キャリアリレーなどの伝送方式について、技術的、経済的に種々検討の結果、12 Gc 帯マイクロ波回線を構成することに決定し、上記 UXFT-013 形装置の採用となった。昭和 37 年 11 月に竣工して、現在良好に運用中である。

本回線はその使用目的上、きわめて重要な回線なので、所定の回線安定度、品質を図るため、従来より問題となっていた 12 Gc 帯の降雨雪による減衰量の評価など、回線設計の徹底的な検討、キャリアリレー伝送に伴い、回線瞬断を防止するための無線機高速切替方式の実用化、12 Gc 帯マイクロ波周波数の節約を図るため 2 方向同一周波数ビーム給電方式の開発など、12 Gc 帯マイクロ波回線実用上重要な新技術を多数開発することに成功した。これらを要約すれば次のようになる。

(1) 新潟地区において冬季間伝搬試験を実施し、湿った降雪に

よるマイクロ波減衰量を実測するなど、回線設計上に多大の考慮を払い 7 Gc 帯回線と同等以上の回線安定度、品質を確保した。

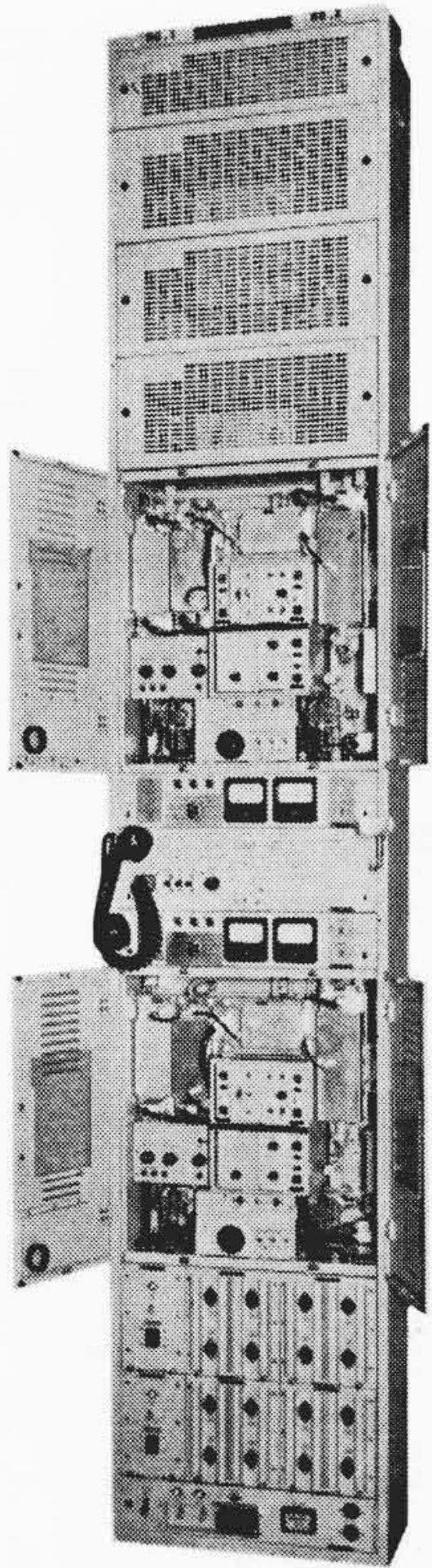
(2) 無線機切替回路にフェライトスイッチを使用し、切替時間を 10 ms 以内とする高速切替方式を実用化した。

(3) 新潟火力発電所において、新潟支店向、および中新潟変電所向ともにビーム給電方式であるが、ビーム給電系の指向性を解析して、両方向とも同一のマイクロ波周波数を使用できる空中線配置方法を見だし、マイクロ波周波数の節約を図った。

(4) 無線機器は上述のようにフェライトスイッチを採用し、その制御系はダイオード、トランジスタによる論理回路、スイッチング回路で構成し、日立製クライストロン 12 V 20、各種日立製トランジスタ、ダイオードを用いて電力消費の低減、小形化、安定性、保守の容易化がなされている。

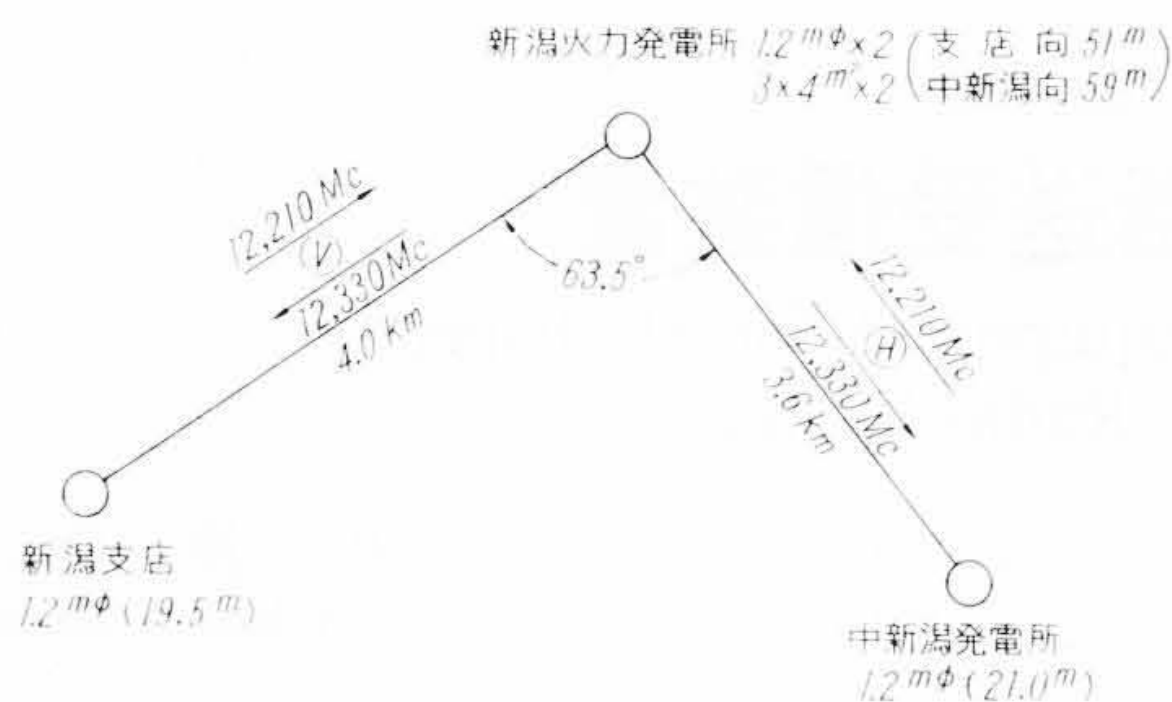
本装置の概要仕様を記述すれば

周 波 数	12.2~12.45 Gc
送受周波数間隔	120 Mc
送 信 出 力	約 100 mW
標準周波数偏移	±140 kc (rms)
周 波 数 安 定 度	±5×10 ⁻⁴ 以下
雑 音 指 数	14 dB 以下
スレショールドレベル	-83 dBm 以下
入 力 レ ベ ル	-25 dBm/CH 75Ω
出 力 レ ベ ル	-15 dBm/CH 75Ω
所 要 電 源	400 VA 以下 (現用予備機一緒に)
通 話 路 容 量	72 通話路

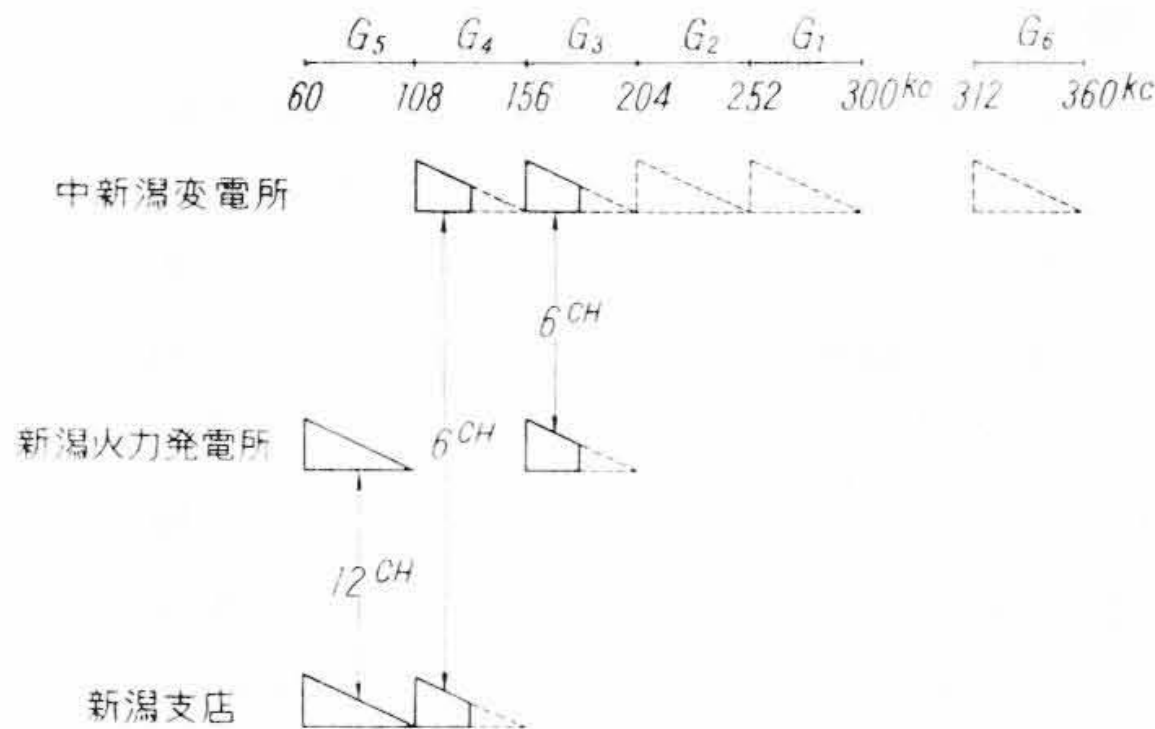


第 1 図 UXFT-013 形
送受信装置外観図

* 東北電力株式会社給電部 工博
** 東北電力株式会社給電部
***日立製作所戸塚工場



第 2 図 中継ルート，無線周波数，および偏波面



第 3 図 搬送周波数配列

第 1 図に UXFT-013 形の外觀図を示してあるが，現用機，予備機とも標準形ラック一架に実装され，各部ユニットはすべて前面からプラグイン操作で着脱できるので架の背中合わせ設置が可能である。

2. 回線設計上の諸問題

2.1 回線概要

新潟支店—新潟火力発電所—中新潟変電所間 12 Gc 帯マイクロ波回線の中継ルート，無線周波数，偏波面配置を第 2 図に示す。回線容量は 72 通話路であるが，今回実装した通話路数は新潟支店—新潟火力発電所間 12 通信路，新潟火力発電所—中新潟変電所間 6 通話路，新潟支店—中新潟変電所間 6 通話路であって，これらの搬送周波数配列を第 3 図に示す。

2.2 回線設計

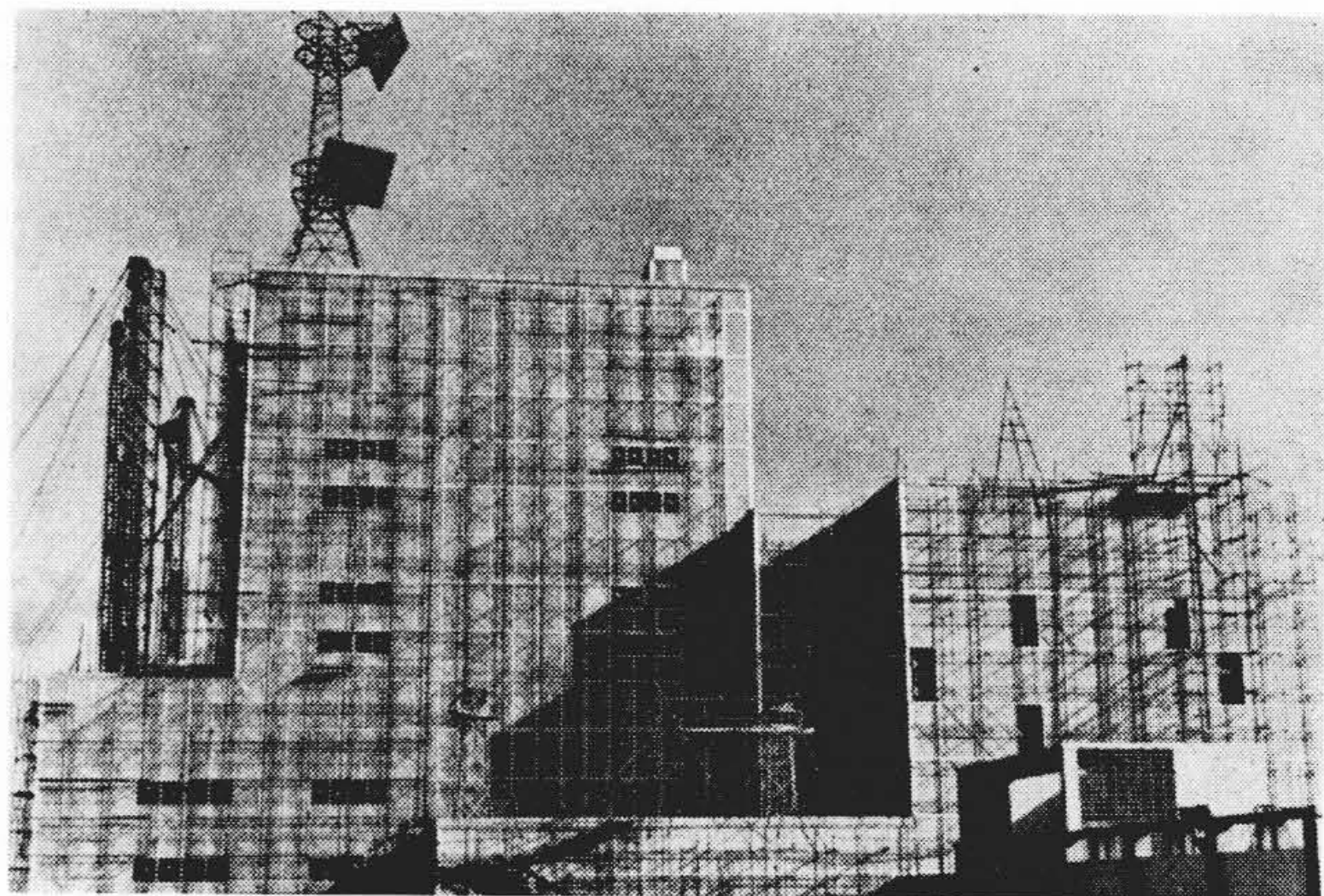
緒言で述べたように，本回線はその使用目的からきわめて重要な回線なので，設計目標値として

- (1) 年間を通じ 99% の時間率で 1 区間当たりの総合 SN 比は 60 dB (評価値) 以上とする。
 - (2) 年間を通じ 1 区間当たりの総合 SN 比が 40 dB (評価値) 以下となる時間率は 0.01% を越えてはならない。
- と定めた。したがって回線安定度目標値は 99.99% となって，0.01% の障害率をマイクロ波伝搬路，および無線機器で等分し，おのおのの障害率限界値を 0.005% とした。マイクロ波伝搬による障害を 0.005% 以内とするために必要なドロップアウトマージンは次のようになる。

冬季を除く季節で問題となるのは降雨による損失である。Saxton の理論によれば⁽³⁾，10 分間に 5 mm 以上の降雨量がある場合，12 Gc 帯の減衰係数 (10 分間 1 mm の降雨量による 1 km 当たりの dB 単位減衰量) は 0.29 である。新潟地区において年間 0.005% 確率における降雨量は 20 mm/10 min を考慮する必要がある，中継距離 4 km での降雨による損失は $0.29 \times 20 \times 4 = 23.2$ dB，これにパラボラ・レイドーム上の水被膜による損失として $1.5 \times 2 = 3$ dB を加えると，全損失は約 26 dB である。

冬季において問題となるのは降雪 (特にみぞれなど，水分を含む

第 1 表 回		線 設 計			
区 間		新潟支店— 新潟火力 P, S		新潟火力 P, S— 中新潟 S, S	
送 信 出 力 (dBm)		0.1 W	20	0.1 W	20
パ ラ ボ ラ 利 得 (dB)		1.2 mφ	80	1.2 mφ	80
ビ ー ム 給 電 利 得 (dB)			0		0
小 計 (dBm)			100		100
自由空間伝搬損失 (dB)		4.0 km	126	3.5 km	123
送受共用回路損失 (dB)			4		4
給電線損失 (dB)		0.25 dB/km	7	0.25 dB/km	7
レイドーム透過損失 (dB)			2		2
小 計 (dB)			139		136
受 信 入 力 (dBm)			−39		−36
受信入力実測 (dBm)			−42		−41.5
Threshold level (dBm)			−83		−83
Drop Out Margin (dB)			44		47
Drop Out Margin 実測 (dB)			41		41.5
備 考					



第 4 図 ビ ー ム 給 電 全 景

雪) による損失で，その減衰係数は後述の実験結果より 0.98 (dB/km/mm/10 min) となる。新潟地区における 0.005% 確率の降雪量 (降水量換算値) を 4.5 mm/10 min と仮定すれば，中継距離 4 km での損失は $0.98 \times 4 \times 4.5 = 18$ dB である。レイドーム上の積雪による損失としてビーム給電側に 10 dB，パラボラ側に 5 dB，合計 15 dB を考慮すれば，雪による全損失は約 33 dB となる。以上伝搬路の降雨雪による損失に回線保守用マージンとして 5 dB 加算すれば，必要とするドロップアウトマージンは約 31~38 dB である。

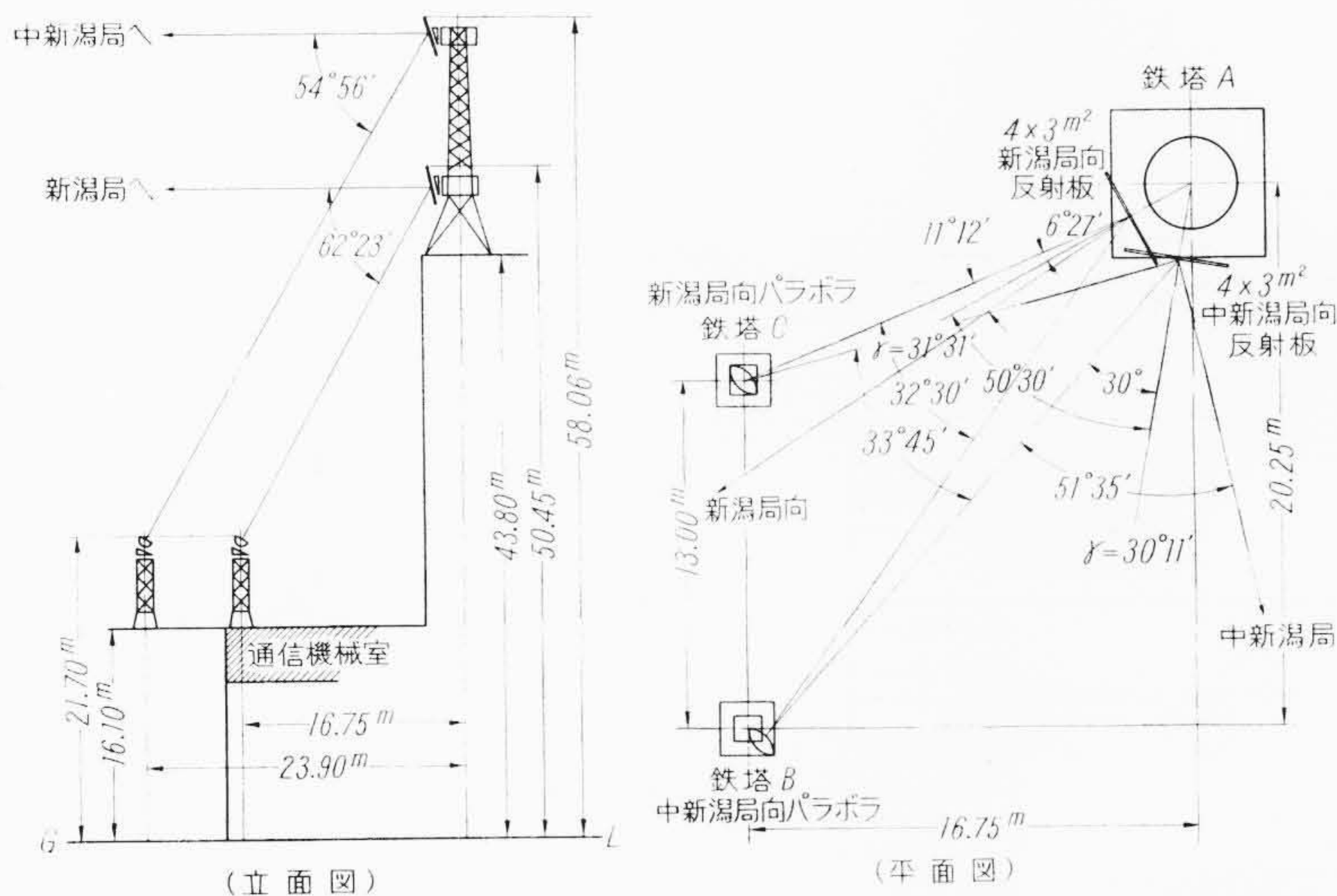
これらの要求を満足させるための回線設計内容は第 1 表のようになり，さらに受信入力の計算値は実測値とほぼ一致し，両区間とも設計目標値を上回る 40 dB 以上のマージンが得られた。したがって本回線は高度の回線品質，安定度を有していることが実証された。

2.3 2 方向同一マイクロ波周波数を使用するビーム給電方式

従来，反射板鉄塔，およびパラボラ鉄塔を 2 方向に共用してビーム給電を行なう場合には，通常 2 方向のマイクロ波周波数を相違させる。しかるに今回の新潟火力発電所ビーム給電方式 (写真第 4 図) はマイクロ波周波数の節約を図るため，ビーム給電系の指向性を利用して，新潟支店向，および中新潟変電所向両方向マイクロ波周波数を同一にした。

その具体的な反射板，パラボラの配置方法は第 5 図のとおりであって，反射板鉄塔を両方向について共用するが，パラボラ鉄塔を別個にして妨害波の反射板に対する水平面内入，反射角のいずれかを希望波よりも約 30° 以上相違させ，所定の DU 比を確保して同一周波数使用による干渉妨害を防止しようとするものである。

その最大問題は DU 比の評価であって，理論値と実測値とを第 2



第5図 ビーム給電空中線配置

第2表 DU 比 の 計 算

受信局	新潟火力 (支店向)	新潟火力 (中新潟向)	新潟支店	中新潟SS	備 考
反射板指向性 によるDU比	60.4→57dB	77.3→57dB	59.3→57dB	53.6dB	$f=12.330\text{ Mc}$ $g_s=57\text{ dB}$ (指向性飽和値)
励振パラボラ 指向性による DU比			6°26' 25dB	6°13' 25dB	
全体のDU比	57.0dB	57.0dB	84.3dB	78.6dB	
DU比測定値	—	70dB	80dB<	80dB<	

表に示す。表中の g_s (指向性飽和値) は次のような意味を有している。ビーム給電系における指向性は角度を大きくしていくと、空中線または反射板の指向性とは無関係となり、鉄塔による散乱波強度で定まる一定値に飽和する。この一定値は指向性飽和値と称したもので、これは励振パラボラ利得 G_d に関係し、従来の実験結果⁽⁴⁾を総合すると

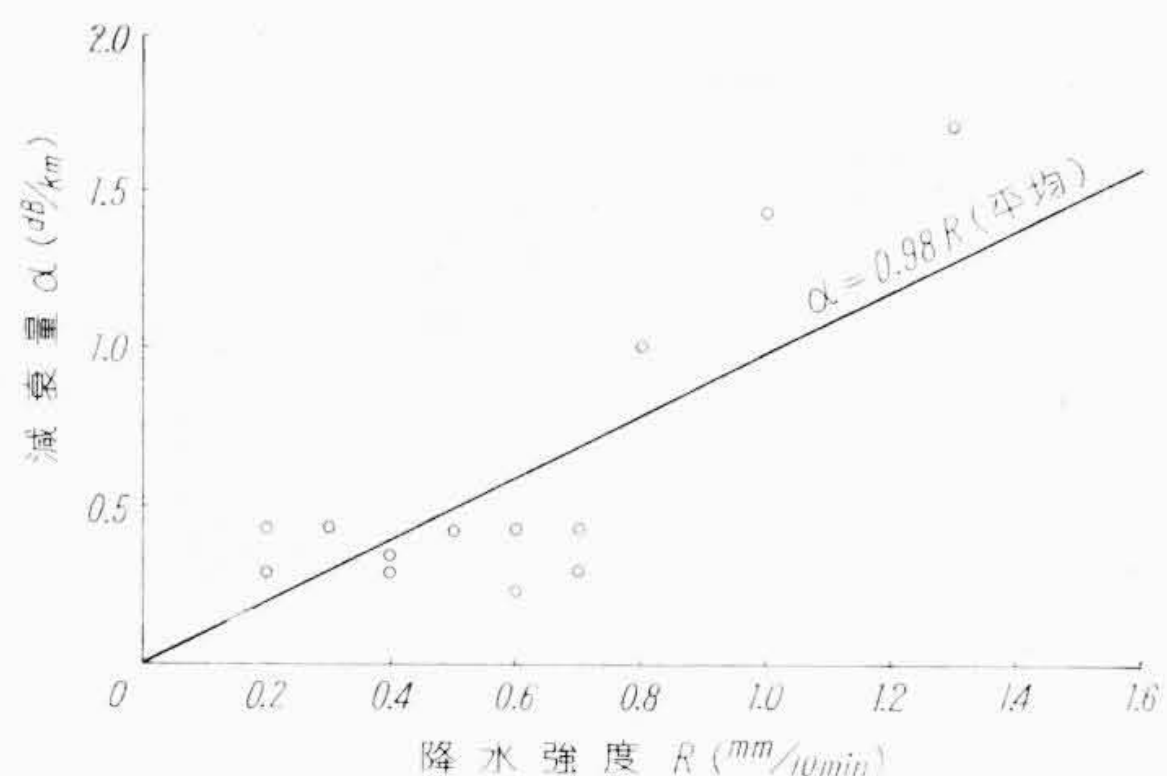
$$g_s[\text{dB}] = -(G_d + 17) [\text{dB}] \dots\dots\dots (1)$$

となる。 $-g_s$ は励振パラボラと妨害波方向が一致しているときの最大 DU 比と一致する。本回線では $G_d=40\text{ dB}$ なので $g_s \approx -57\text{ dB}$ である。第2表の実測値は無線機器調整試験の際測定したものであるが、新潟火力中新潟向では計算値より約 13 dB よくなっており、これは鉄塔による散乱波強度の小さいことを示している。したがって信号対干渉雑音比は 90 dB 以上で、熱雑音、準漏話雑音の合成値 60 dB よりかなり高く、第5図の空中線系配列によって、所期の目的を完全に達成することができた。

2.4 キャリア・リレー

新潟火力発電所—中新潟変電所間 154 kV 2 回線送電線 (距離 4.6 km) の導体構造は断面積 620 mm² 複導体なので、そのキャリア・リレー信号を従来のとおり、電力線搬送回線で伝送するとすれば、ブロッキングコイルが大形化し経済的に問題があったので、12 Gc 帯マイクロ波回線の電話回線 1 通話路を使用することにした。その信号伝送関係の主要性能は次のとおりである。

- (1) 継電方式 方向距離比較方式
- (2) 伝送方式 FS 方式
- (3) 周波数配列 電話 1 通話路に次のように配列
 - (a) 方向比較信号 No. 1 送電線 1,530 ± 120 c/s
No. 2 送電線 2,550 ± 120 c/s
 - (b) 警報信号 No. 1 送電線 595 ± 35 c/s
No. 2 送電線 765 ± 35 c/s
 - (c) 雑音監視 425 c/s



第6図 湿雪による 12 Gc 帯マイクロ波の減衰

キャリア・リレー信号伝送に伴い、回線断をできる限り防止するため無線機切替方式として高速度切替方式を使用した。その詳細については後述する。

2.5 湿雪による 12 Gc 帯マイクロ波の減衰⁽⁵⁾

従来ほとんど知られていなかった湿雪による 12 Gc 帯マイクロ波の減衰特性を明らかにするため、昭和 37 年 2 月 8 日より 4 月 24 日まで日立製 12.43 Gc 実験局を用い、新潟支店—西新潟 SS 間 3.5 km 区間で伝搬試験を実施し、この問題を実験的に解明すると同時に理論的に解析した。その結果を要約すれば次のとおりである。

- (1) 降雪による 12 Gc 帯マイクロ波の減衰係数 (dB/km/mm/10 min) の実測値は最大 2.2, 最小 0.38 であって雪質、含水率などによってかなりの変化が認められる。
- (2) 降雪による減衰係数実測値の平均は 0.98 (第6図参照) であって、これは 18°C の降雨による減衰係数 0.29 の約 3.4 倍、同じく 0°C における 0.56 の約 1.7 倍である。
- (3) 雨または物理特性および空間分布状態が雨とほぼ同様な雨雪による減衰係数は最大値で 0.86 (気温 1.8°C), 最小値で 0.29 (気温 14.4°C) となったように、気温の低下とともに増加し実測値は降雨による減衰理論値とほぼ一致している。
- (4) 気温が -5°C 以下での降雪による減衰係数実測値は 0.1 以下できわめて小さく事実上無視できる。
- (5) 雪と水分を均質に含んだ球状損失誘電体とみなし、その空間分布を雨と同様な Marshall-Palmer 指数分布に従うと仮定して計算した減衰の近似式は、雪片密度の減少、含水率の増加とともに減衰係数が増加していくことを示す。含水率 2%, 降雪密度 0.15 としたときの計算値は 1.14 となり (2) の実測値 0.98 とほぼ一致する。
- (6) 雪片密度を一定とすれば、含水率が増加するほど減衰係数も大きくなり、含水率を一定とすれば雪片密度の小さいほど減衰係数は増加する。その理由は前者では含水率の増加によって雪片の吸収断面積が大きくなり、後者では雪片密度の減少により落下速度が小さくなるため雪片の空間密度分布が高くなって、全体としての吸収断面積が増加するからである。
- (7) 降水量を一定としたとき、降雪による減衰が雨より大きいのは、水分 2, 3% 以上含む雪片の吸収断面積は Payleigh 近似の場合、雨とほぼ同じ大きさになり、さらに雪の空間分布密度が雨の数倍以上に大きくなっているためと考えられる。

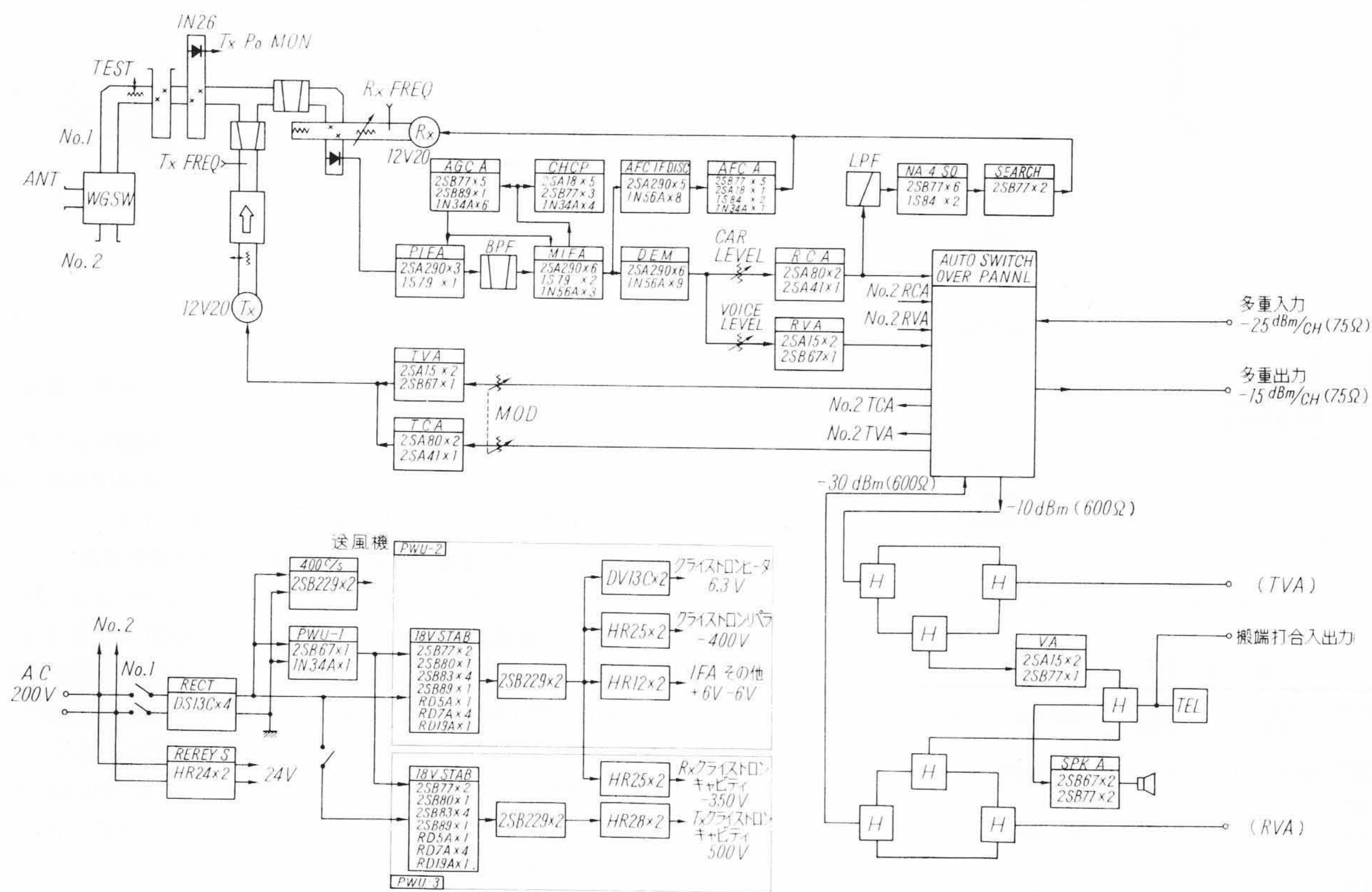
3. 装置の概要

第7図は本装置の回路構成をブロック図で示したものである。本章では主として高速切替系について詳述し、さらに各部回路の概略を述べる。

3.1 高速切替系⁽⁶⁾

(1) 方式

本装置は前述のように高速切替を特長とする無線機であるの



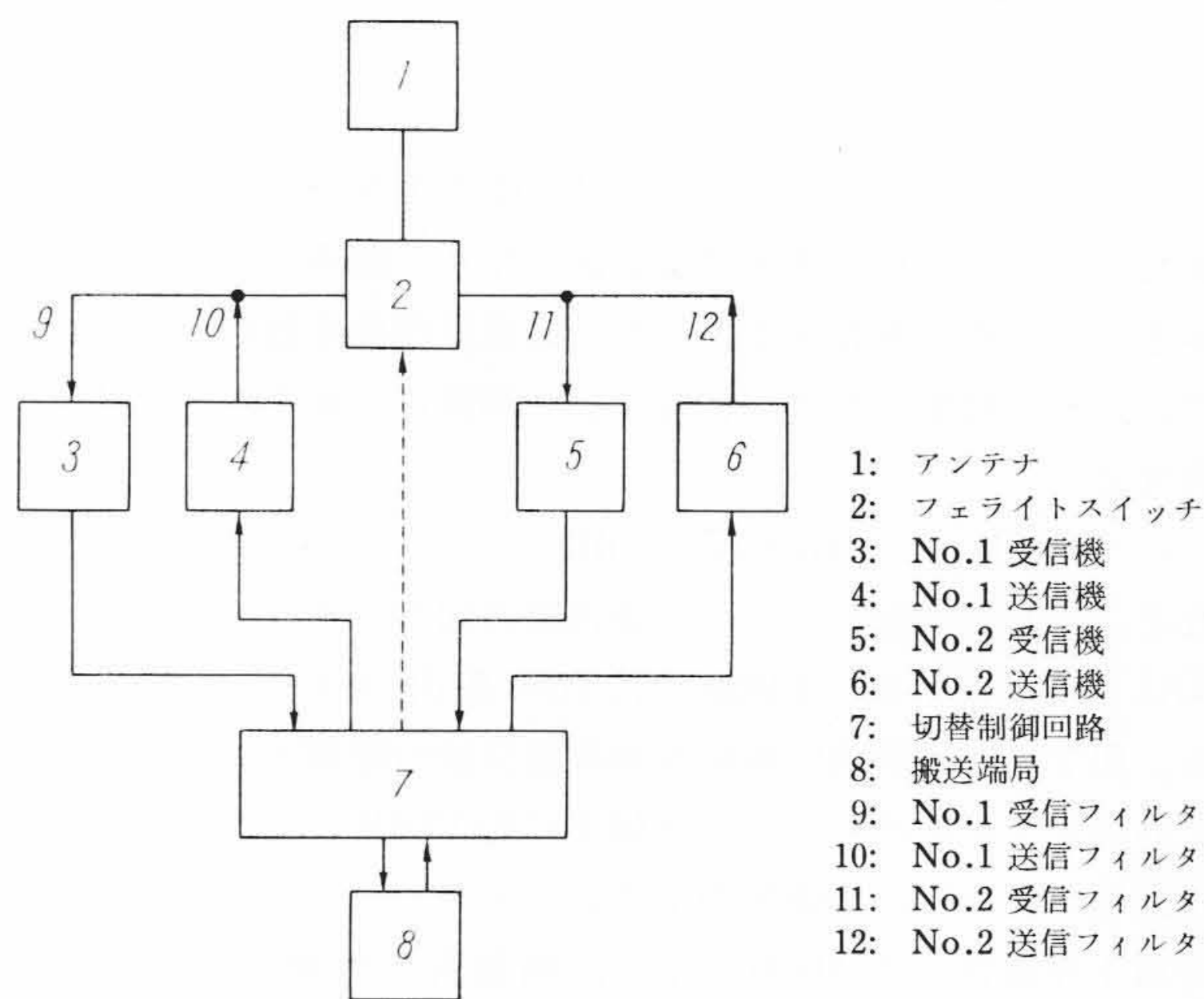
第7図 UXFT-013形送受信装置系統図

で、そのための回路部品としてはモータを用いた従来の導波管切替器をやめ、フェライトスイッチを用い、電磁リレーをダイオード、トランジスタによる電子スイッチでおきかえた。また立体回路系の簡易化のため予備機送信クライストロンはリペラ電圧を電子同調外へオフセットして発振出力の空中線への漏えいを防ぎ、かつ現用予備の相互干渉を軽減している。これはフェライトスイッチの特性により完全に並列運転が可能であり、10 ms よりさらに高速度切替を行なうためには、フェライトスイッチで十分減衰させるか、立体回路系にフェライトによる減衰器を用意すれば容易に実現できる。

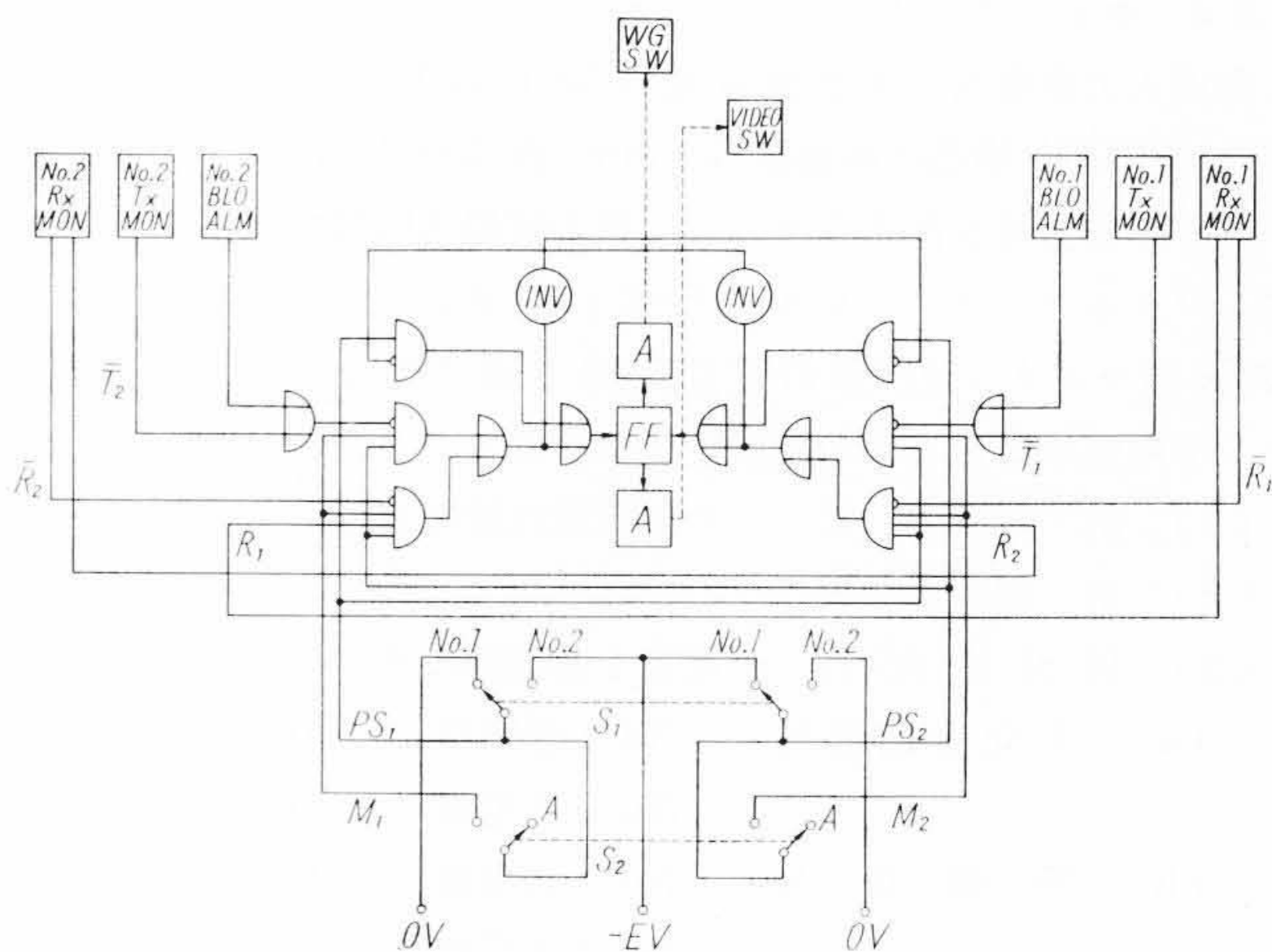
本装置では予備送信クライストロンのオフセット方式を用いているので、全体の切替時間の大半はこれによるクライストロンの立ち上がりで費している。したがってビデオ信号の搬送端局と無線機との切り替えは電子スイッチによらず、信頼度向上のための考慮が払われた日立製リードリレーを用いた。予備機の受信機は現用機のそれと同じく完全に動作しているから正常電界での現用、予備機の受信機出力はともに規定レベルにあるよう、予備機へ常に受信波を漏えいさせる方式で、フェライトスイッチにその特性を持たせてある。フェライトスイッチの予備機への受信波漏えい量は製作上の問題、スレショルドレベル近辺、あるいは切替動作状態でのスケルチ回路の安定度の問題など、またその回線の伝搬上の問題から、予備機受信レベルが現用機受信レベルよりも約15 dB 低くなるようにした。これにより現用受信機障害の判定は常に予備受信機と比較照合して行なえるので簡単で高速判定が可能である。現用送信機障害の際にはただちに予備機へ切り替えることができる。

(2) 切替条件

第8図に本装置の概略系統図、第9図に切替制御系統図、第3表に切替条件を示す。第9図で「TX MON」としては送信管出力、周波数、変調増幅器の監視系があたり、「RX MON」としては受信雑音出力、パイロット監視系が相当する。本装置は、送信出力、



第8図 無線機の概略系統図



第9図 切替制御系統図

第3表

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
No.1	送信	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×
	受信	○	○	×	×	○	○	×	×	○	○	×	×	○	○	×	×
No.2	送信	○	○	○	○	×	×	×	×	○	○	○	○	×	×	×	×
	受信	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×
切替要否	No.1 現用	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	No.2 現用	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1

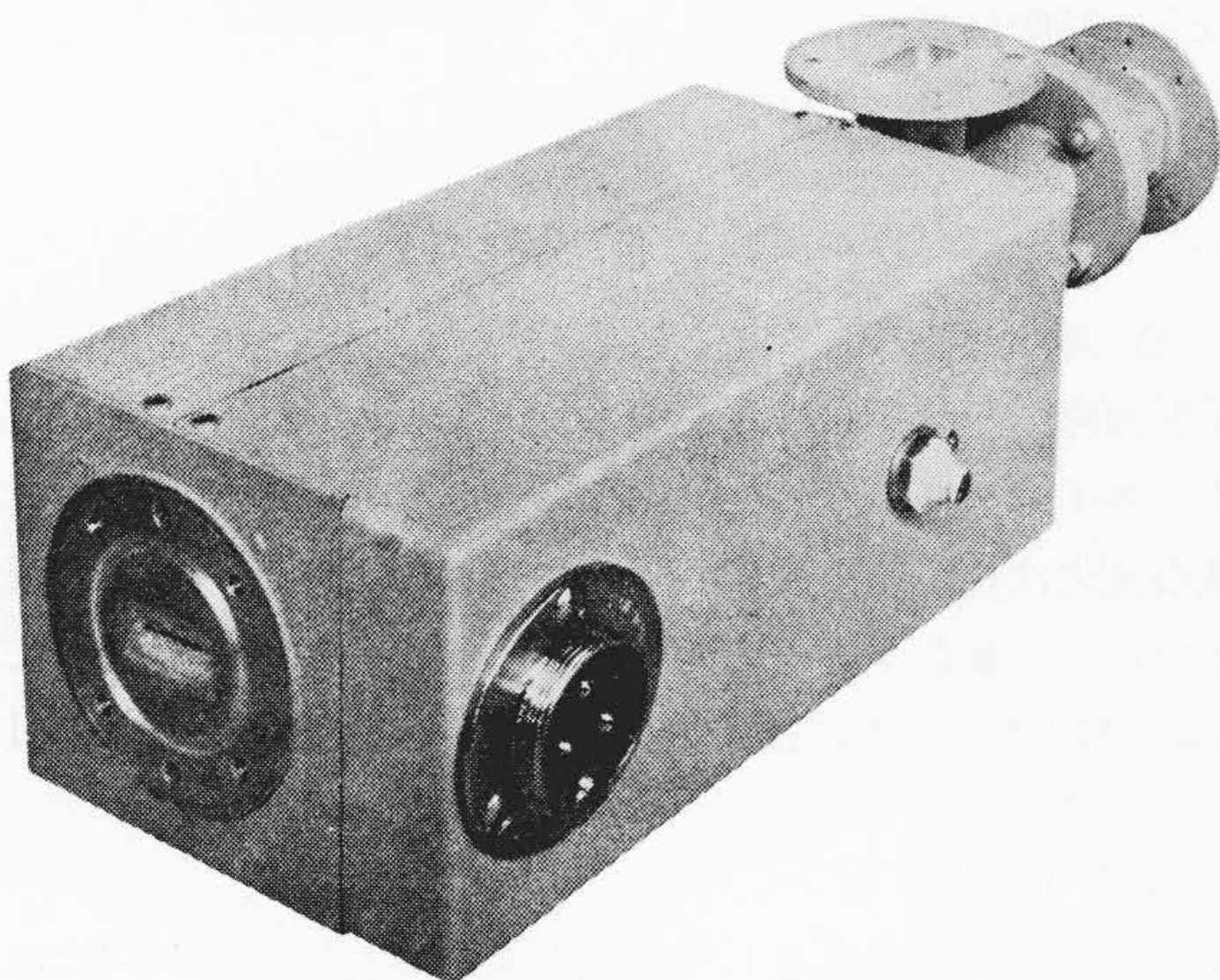
○ 正常 × 障害 0 切り替わらない 1 切り替わる

受信雑音出力で監視されているが、上記パイロット系の注入も可能な構成にしてある。また本装置は送信クライストロンの冷却用送風機を使用しているので、その警報も切替回路に入れて送信障害として扱っている。したがって送風機のないときは「BLO ALM」を除去するだけでよい。第3表の切替条件でわかるように現用送信障害でただちに予備へ切り替えられる。受信の方は予備機の受信出力が正常のとき、現用機の受信出力が異常となればただちに切り替えられる。現用機の受信出力の異常になる前に予備のそれが異常となっておれば切り替わらない。このケースとして考えられる原因には、

- 対向局送信障害の場合が考えられるが、これは上述のように先方でただちに10 ms以内で切り替わるので、自局はそのまま待ち受けしている。
- 伝搬路の減衰が大でドロップアウトした場合も考えられるが、これは回線設計上からたびたびあるケースではない。
- 予備、現用の受信がともに故障の場合もありうるが、非常にまれなケースと考えてよい。
- 上記のそれぞれの組み合わせが同時に起こる場合で、これはほとんど考えなくてもよいくらいわずかなケースであろう。したがって上記のようなフェライトスイッチによる予備機への受信波漏えいを特長とした受信監視方式で十分無線機の監視ができ、実用的である。

(3) 切替回路

第9図は本装置の切替制御系の系統図であるが、ダイオードによる論理回路、フリップフロップ回路による切替回路、続くトランジスタスイッチ回路で、フェライトスイッチ、各種リードリレーの駆動を行なっている。なお、現用機、予備機という指定はなく、任意に監視切替盤にある押ボタンスイッチでNo.1、No.2無線機のどちらでも現用機として選択できる。(2)項で説明したように、対向局送信切替による自局受信同時断、同時回復というケースでさきほどの入力レベルの差以外に予備機として選択された方は常に現用機より受信回復が遅れるよう考慮されているので、



第10図 フェライトスイッチの外観図

切替はきわめて安定に行なわれる。

(4) フェライトスイッチ⁽⁷⁾

第10図に外観図を示す。高速化のためアンペアターンを小さくすること、十分な減衰を得ることからファラデー回転形を用い、円形導波管の管軸に沿ってNi-Zn系のフェライトをおき、外部から直流磁界を管軸方向に加えて偏波面を90度回転させて抵抗膜に吸収させるという、ごく普通の動作原理によっている。第11図はその説明図を示す。またフェライトスイッチの切替動作時間は本構成では2 ms前後でよいが、今後さらに高速度化した場合を考慮して約25 μ sにした。

(5) 切替スイッチ

前述のとおり、本装置は現用機、予備機を任意に選択できる選択スイッチが監視切替盤にあり、1号機の手押しボタンスイッチを押すことにより、2号機は自然と予備機の状態になる。さらに自動切替機能をもたせるには押ボタンスイッチの「AUTO」を押すことにより、はじめて10 ms以下という自動切替機能を有するようになる。もちろん「AUTO」の状態でもそうでない状態でも、手動で10 ms以下の時間で自由に切り替えができる。このほか、自局折り返しなどの予備機試験を行なうときは「TEST」スイッチを押すことにより現用回路に関係なく任意に試験できる。

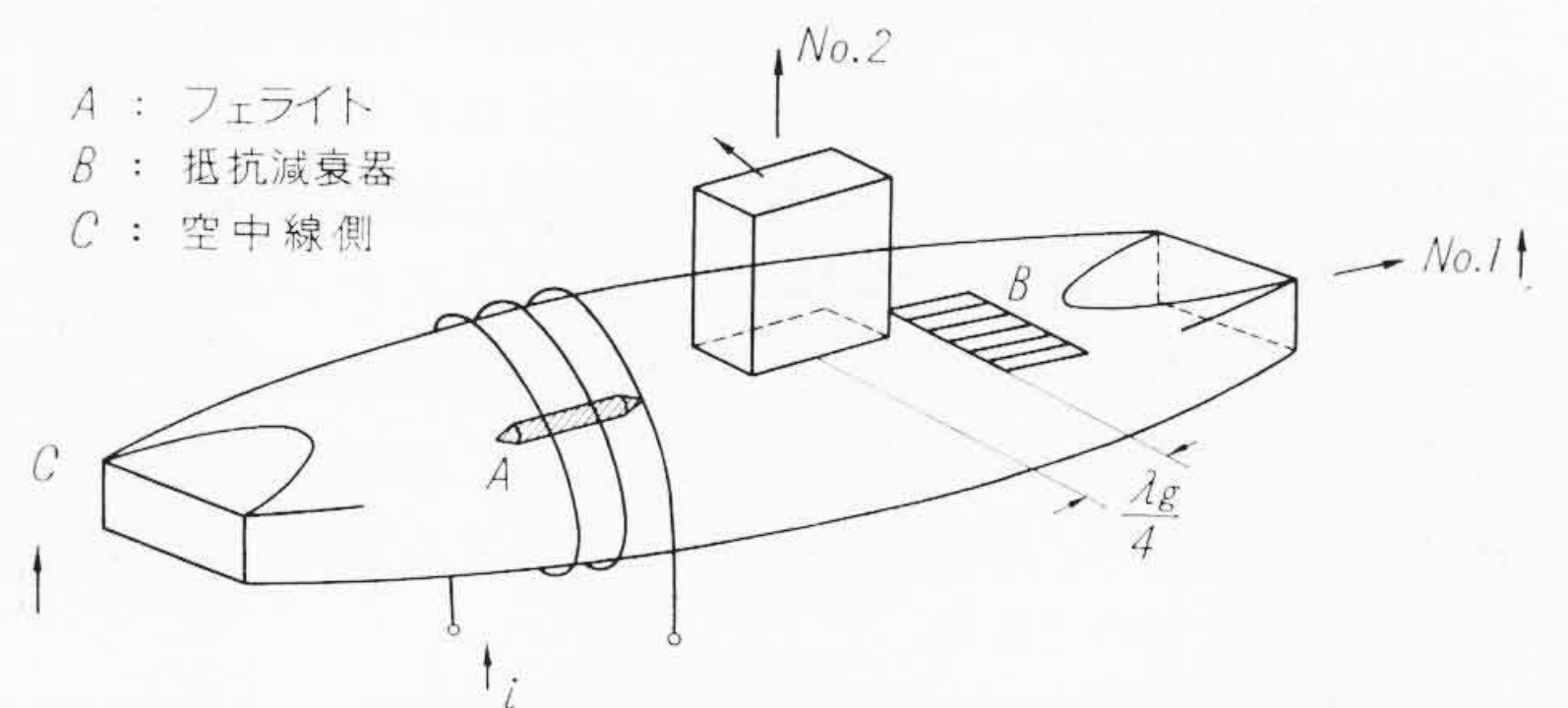
3.2 各部回路の説明

(1) 立体回路部

送受共用回路は送信3段、受信5段の帯域ろ波器より構成され、送信出力、送信、局発の両周波数の測定端が保守調整に便利な位置に設けてある。フェライトスイッチは第10図のような外観を有しており、予備送信出力の漏えいは30 dB以上あり、さらに予備機への受信波漏えい量を約15 dBとしている。

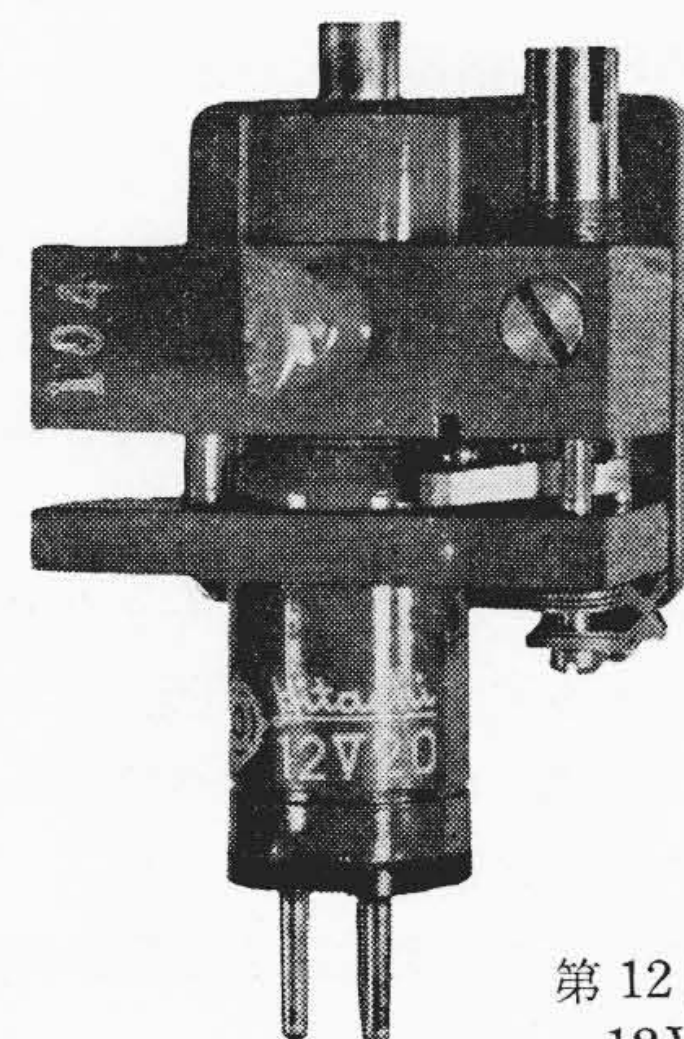
(2) クライストロン⁽⁸⁾

日立製12V20を第12図に示す。本装置では4 $\frac{3}{4}$ モードを使用しており、リペラ電圧は300 V前後、出力は100~150 mWである。送信側のみ強制空冷を行なっており、その送風機としては

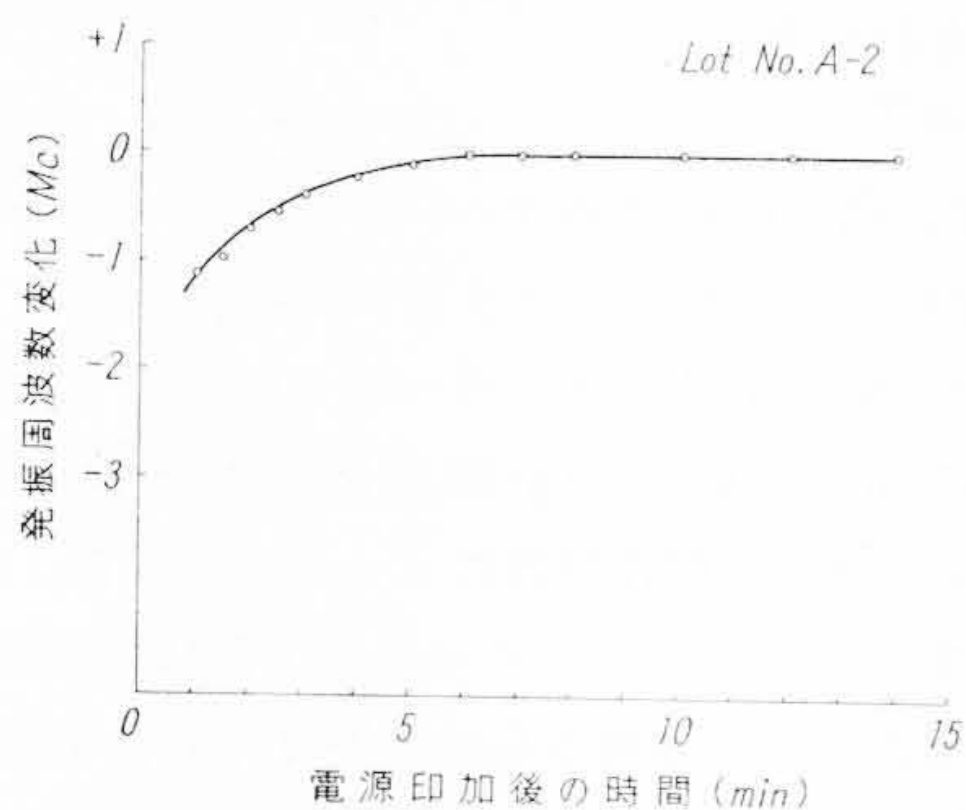


- Cへの入力励磁コイルに電流*i*が流れていないときはBの減衰器では減衰されずそのままNo.1に現われ、No.2には現われない。
- Cへの入力励磁コイルに電流*i*が流れているときは90度偏波してNo.2に現われ、No.1へは現われない。

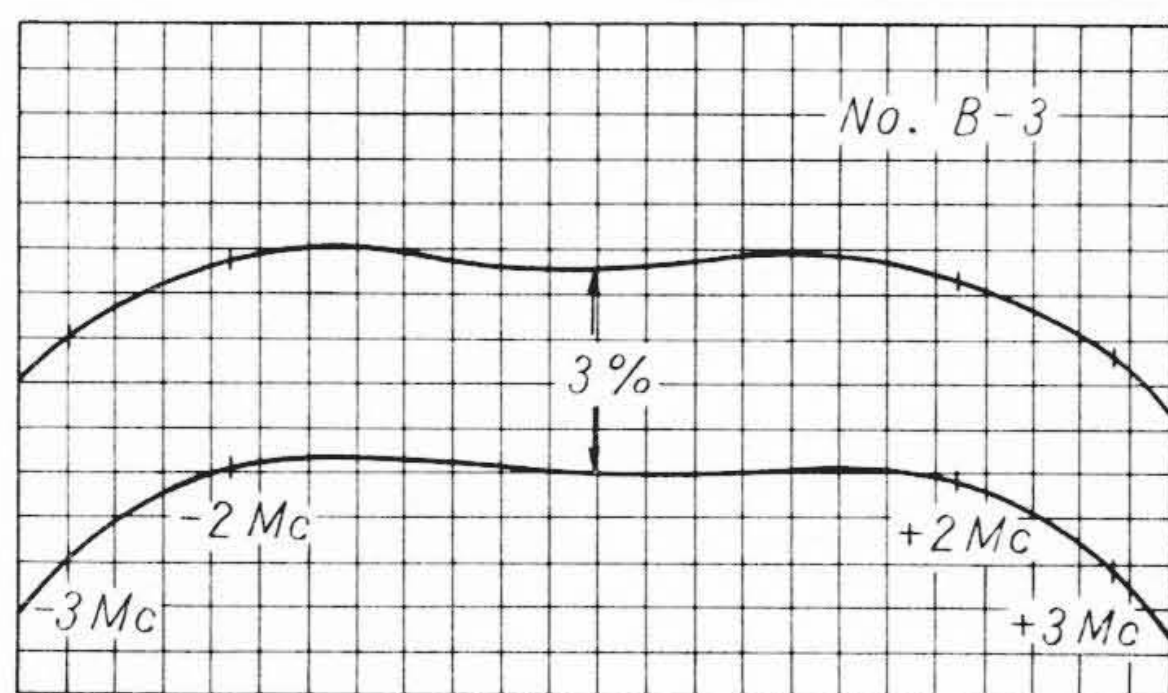
第11図 フェライトスイッチの動作原理



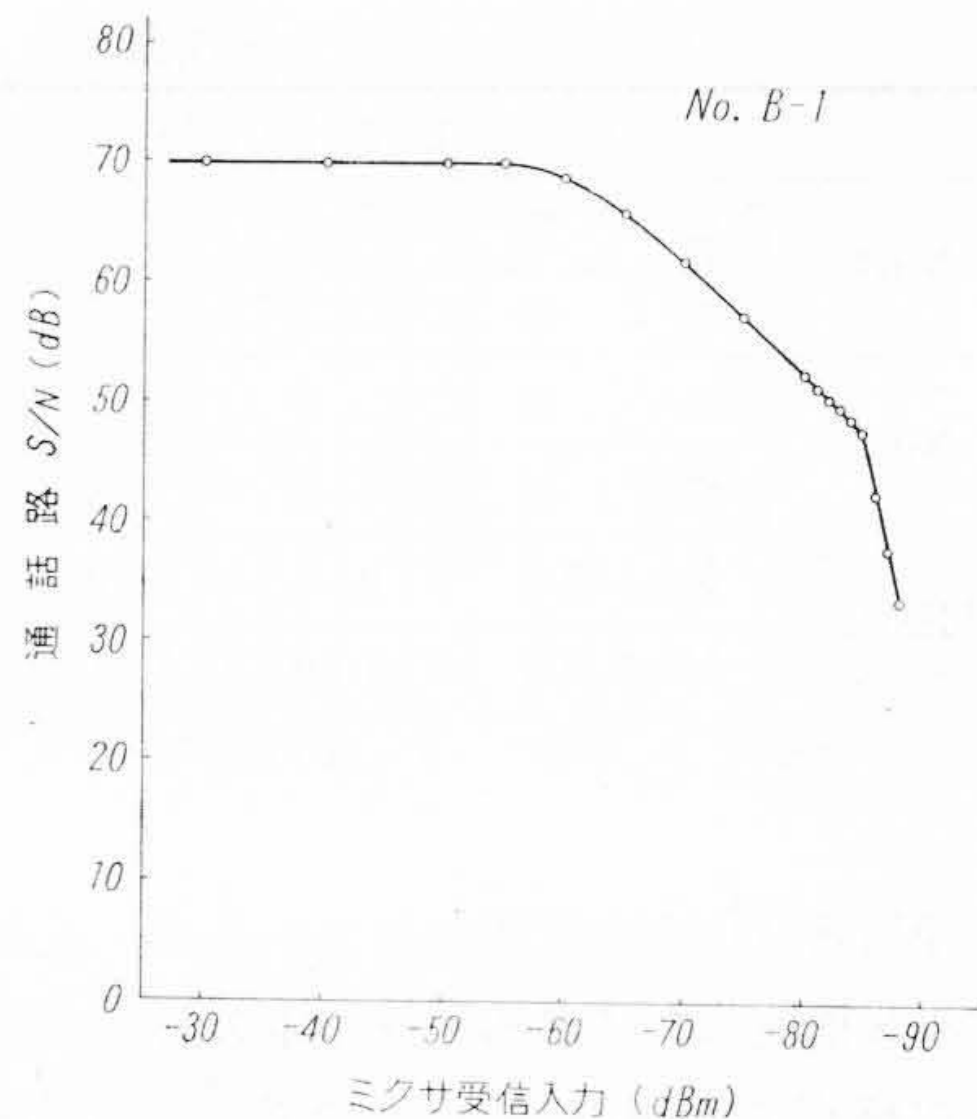
第12図 日立クライストロン 12V20



第13図 クライストロン発振周波数の初期漂動



第14図 復調器微分特性



第15図 受信入力と通話路S/Nの関係

整流子を有する直流電動機を避け 400 c/s 電動機を用いた。トランジスタ DC-AC コンバータにより 400 c/s を発生, 400 c/s 電動機の電源としている。

(3) 変復調増幅器

搬送端局と同様な標準形プリント基板ユニットを用いた多重回線用搬送波増幅器と打合回線用音声周波増幅器よりなり, きわめて安定なトランジスタ化された増幅器を使用している。

(4) 中間周波増幅器, 復調器

ミキサダイオードとしては 1N 263 ゲルマニウムダイオードを用いているが, そのバイアス電流は 0.6~1.5 mA 可変である。中間周波増幅器として前置中間周波増幅器盤, 主中間周波増幅器盤, 復調器盤, 受信 AFC 用周波数弁別器盤の 4 ユニットが組み込まれている。前置中間周波増幅器は 3 段構成で, 日立製メサ形ゲルマニウムトランジスタ 2SA 290 Ⅱ (または 2SA 289 Ⅱ) をエミッタ接地で使用, ほかに AGC 回路 1 段をもっている。また帯域ろ波器を内蔵し所定の中間周波帯域幅を実現している。段間変成器には 2 重同調形変成器を用い, いわゆる不整合法による設計でなされている。

主中間周波増幅器は 6 段構成でメサ形トランジスタ 2SA 290 Ⅱ (または 2SA 289 Ⅱ) を前置中間周波増幅器と同様な回路方式で用い, AGC 回路 2 段を有している。AGC はダイオードによる可変減衰器形であり入力レベル変化 40 dB 以上に対して出力はほとんど一定である。AGC 増幅器はトランジスタチョッパ⁽⁹⁾を用いた変調形直流増幅器である。また中間周波増幅器は温度による周波数特性変化の少ない回路設計としてあり, 温度による利得の変化は AGC で補い, 周波数特性の変化はほとんど問題にならないくらい微少なものである。

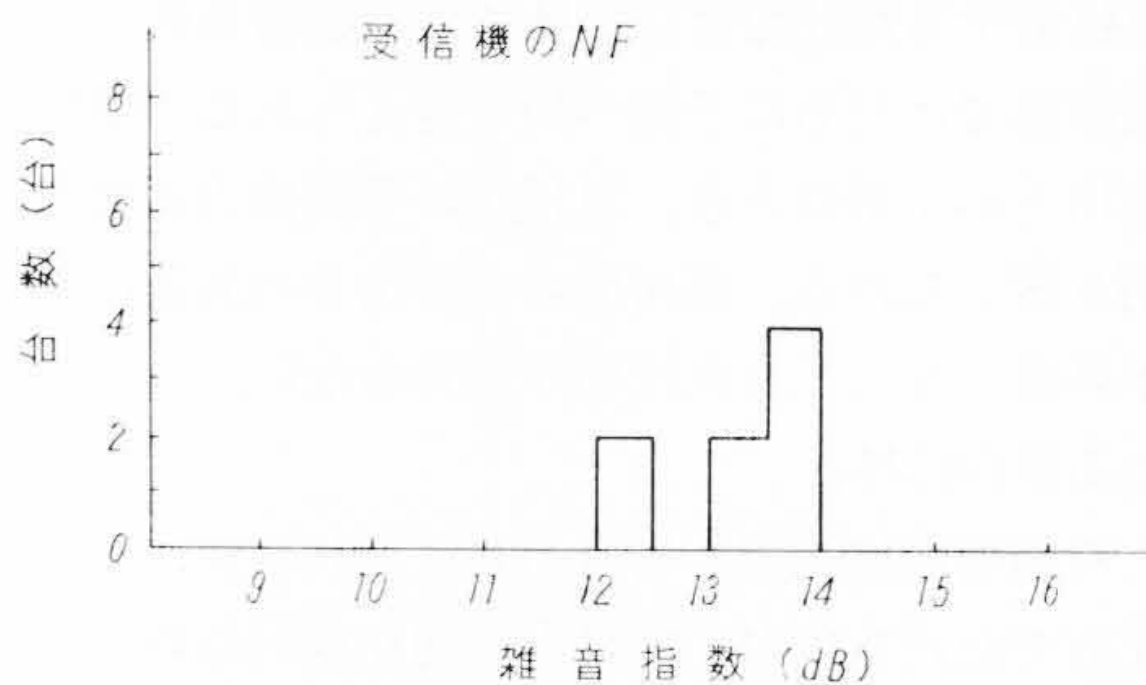
復調器盤には振幅制限器, 周波数弁別器があり, ダイオードリミタ, 2 重同調形弁別器を採用している。受信 AFC 用周波数弁別器は復調器とほとんど同じ構成であるが, リミタ最終段のトランジスタのエミッタ電流を一定時間でスイッチングするようになっていて, 周波数弁別器出力としてはその正負に応じた方形波を取り出し, その後に続く AFC 増幅器の入力としている。

(5) 電源回路

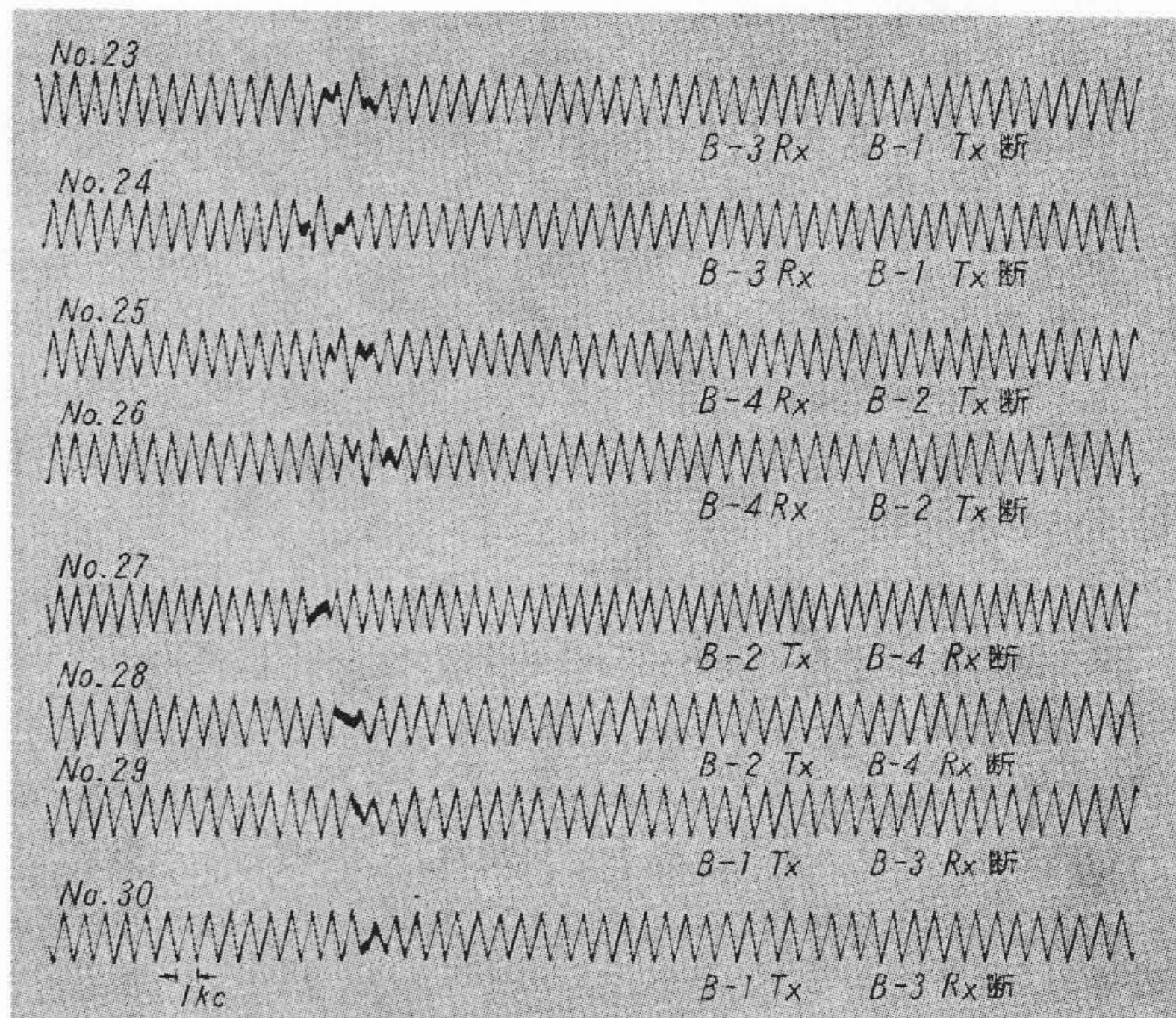
トランジスタ装置は一般に直流電源から供給されるほうが便利であるので, 本装置は DC 24 V でも動作させられるよう考慮した。すなわち交流電源が無線機への供給電源である場合は内蔵の整流回路で 24 V の直流にしてから各種電源回路に供給する。

クライストロンの各種電源, フェライトスイッチ用電源, 中間周波増幅器用電源は定電圧化されており, 直流 24 V を直列制御形定電圧回路⁽¹⁰⁾で定電圧として, ヒータ, リペラ, キャビティなどの電源を作る。クライストロン電源として

- (a) 入力電圧の変動に対する出力電圧の変動が非常に小さいこと。



第16図 受信機の雑音指数



第17図 切替時の搬送端局通話路 1 kc 出力波形

- (b) 電圧漂動が少ないこと。
(c) 温度係数が小さいこと。
などは十分検討されている。

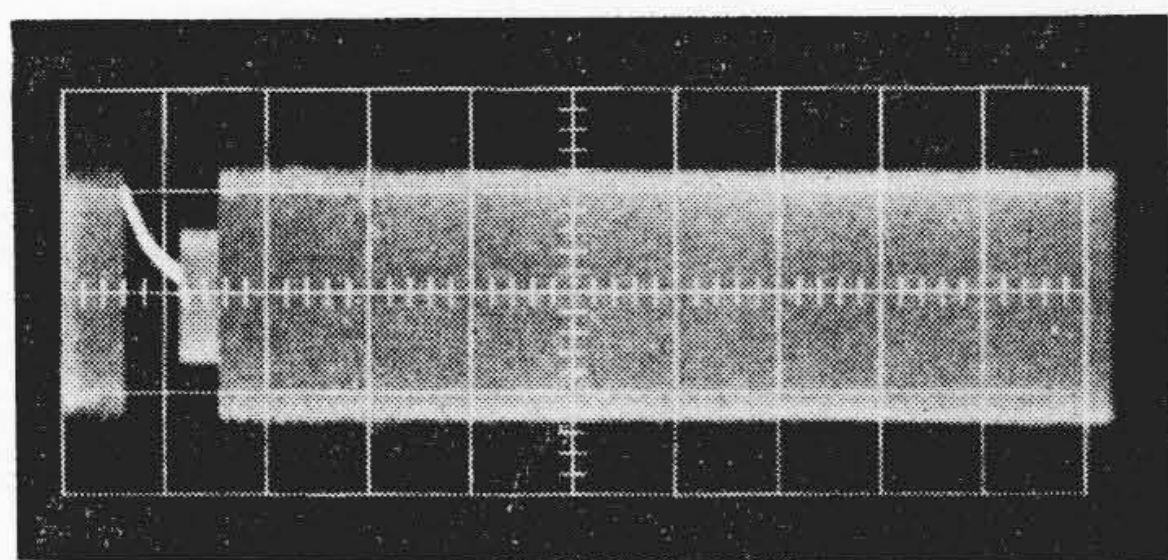
4. 総合特性

4.1 立体回路

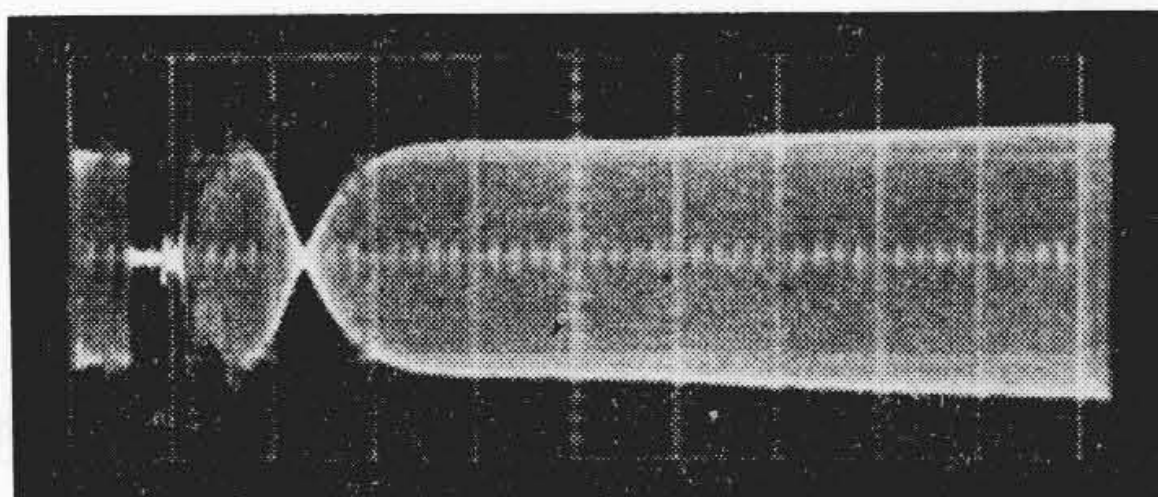
送受信回路, それぞれの VSWR は ± 5 Mc の範囲で 1.1 以下, フェライトスイッチの温度特性は $-10 \sim 50^\circ\text{C}$ の間で, 予備機送信波の減衰量の変化は規定値より減衰量は増加することはあっても減少することはない。また予備機に対する受信波の漏えいは規定値に対して ± 1.5 dB 以下である。通過損失は送受信波に対して 1 dB 以下にはいっている。

4.2 クライストロン

クライストロンの特性として重要な変調特性は ± 2.5 Mc の範囲で偏差 1% 以下, 電源投入時の発振周波数の初期漂動はトランジス



(a) 受信障害



(b) 送信障害

第18図 切替時の無線機信号出力波形

タ定電圧回路の電圧初期漂動とクライストロンの初期漂動との組み合わせたもので2分以内で $\pm 1\text{Mc}$ 以内にはいつている。第13図はその特性を示す。

4.3 中間周波増幅器、復調器

中間周波増幅器総合の振幅周波数特性は約4Mc、遅延特性は $\pm 2\text{Mc}$ で14m μs 以下、中間周波増幅器の雑音指数は平均5dB以下という好結果を得ている。復調微分特性は第14図に示すように $\pm 2\text{Mc}$ の範囲で1%以下のよい特性を有している。

4.4 総合特性

搬送端局との組み合わせによる1対向の中央部通話路のS/Nは第15図に示すような特性を有している。ミキサ入力での受信機の雑音指数は、ダイオード1N263を選択しなくても平均13.5dBで第16図のような範囲に全セットはいつている。

現用、予備機の切替時間は予備機クライストロンのリペラ電圧を規定値に対してオフセットした状態で、搬送端局各通話路信号出力端で測定して、対向局送信障害の場合に信号波が完全に復元するまでに平均7ms、自局受信障害で平均3.5msという結果を得た。したがって予備機送信機が正規周波数で発振している場合には受信障害の場合と同じく対向局送信障害で平均3.5msに押さえられよう。第17図は切替時の搬送端局通話路出力の1kcの信号波形である。第17図のNo.23~26は送信障害、No.27~30は信受障害の場合で

ある。第18図は第17図の場合の無線機出力端で60kcの変調信号波形をオシロスコープで測定したもので、これにより切替状態での多重信号の変化の様子がわかる。第18図の(a)は自局受信障害の場合、(b)は対向局送信障害の場合で、時間軸は2msで測定したものである。送信障害の場合は周波数の変化が関係し、受信障害の場合は周波数が関係しないので、切替時の波形の違いが明瞭に出ている。前述したように本装置は予備送信クライストロンのオフセット方式を用いているので、無線機と搬送端局との切り替えにリードリレーを用いても十分であることも判明した。これにより予備送信も完全動作により切替時間はこのままでも約3.5msに短縮されるのであるからさらに電子スイッチを使用すれば切替時間は格段の短縮が約束されよう。

5. 結 言

以上述べたように高速切替形としてのトランジスタ化マイクロ波送受信装置は所望の特性を満足し、東北電力株式会社においてはすでに昭和37年11月より実用化試験局として稼動中である。日立製作所においてはさらにトランジスタ化無線機全般としての信頼度、性能向上に努力を重ねるとともに高速切替形としてもさらに高速化のための開発を進めている。

終わりに、本装置の実用化に種々ご配慮をいただいた東北電力株式会社のかたがた、ならびに現地工事にご尽力くださった東北電力株式会社新潟支店の関係各位、また日ごろよりご指導いただいている日立中央研究所、日立製作所、および戸塚工場、日立電子株式会社の関係各位に謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 杉根ほか：電気関係学会関西支部連合大会予稿，19-3（昭36）
- (2) 杉根ほか：日立評論 43，1245（昭36）
- (3) 鶴飼，金田：電気通信学会電波伝搬研究専門委員会資料（昭37-10）
- (4) 大橋ほか：電気通信学会全国大会予稿，177（昭36-10）
- (5) 竹下ほか：電気通信学会全国大会予稿，140（昭37）
- (6) 松井，斎藤：電気四学会連合大会予稿，1266（昭37）
- (7) 船木ほか：電気通信学会全国大会予稿，255（昭37）
- (8) 沢田ほか：電気通信学会全国大会予稿，271（昭36）
- (9) 猪瀬ほか：電気通信学会トランジスタ研究専門委員会資料（昭34-12）
- (10) 永田ほか：電通学誌，p.51~58（昭35-2）

- Vol. 45 日 立 評 論 No. 8
- 目 次
- ・信越化学株式会社直江津火力発電所納25,000kW抽気背圧タービン
 - ・特殊条件下における新形空気遮断器の遮断性能
 - ・関西電力株式会社納デジタル式自動周波数調整装置
 - ・泡 鐘 塔 の 段 効 率
 - ・FIS-1 形 日 立 遠 赤 外 分 光 光 度 計
 - ・新形ヒューズフリー遮断器について
 - ・常磐線交流発電所群の集中遠方制御
 - ・電子計算機によるエレベータ待合せ問題の研究
 - ・超高層ビルの全自動群管理エレベータ
 - ・UHF サ テ ラ イ ト 放 送 機
 - ・UHF用ニュービスタの4端子アドミタンス測定および動作特性の検討
 - ・ヒ タ ク レ ー マ

- ・日 立 中 力 形 3 番 フ ラ イ ス 盤
- ・吸湿機剤のR-12Pにおける水分吸湿率について
- ・ヒョウタン型通信ケーブルの機械的諸特性
- ・鋳型の砂締めに関する一考察
- ・交流アーク溶接機の外部特性とアーク定電性に関する考察
- ・ハイアーク溶接応用例と施工基準
- ・潜 弧 溶 接 機
- ・大 径 溶 接 鋼 管 製 造
- ・X線蛍光増倍管によるアークスポット溶接現象の解析
- ・整流器式直流アーク溶接機の電流制御特性
- ・プラズマジェットによる金属切断について

発行所 日 立 評 論 社

取次店 株式会社 オーム社書店

東京都千代田区丸の内1丁目4番地
振替口座東京71824番
東京都千代田区神田錦町3丁目1番地
振替口座東京20018番